Über die Verbreiterung von Alkalihauptserienlinien durch Wasserstoff- und Stickstoffzusatz

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Philosophischen Fakultät der Universität ROSTOCK

Vorgelegt von

RUDOLF PETERMANN

aus Jena

1930

Druck: RUDOLF BORKMANN // WEIMAR

Referent:
Herr Prof. Dr. Füchtbauer

Tag der mündlichen Prüfung:
6. Dezember 1930

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

I. Einleitung

Die vorliegende Arbeit bringt einige Beiträge zur Druckverbreiterung von Alkali-Hauptserienlinien durch Fremdgase. Die Untersuchungen wurden nach der von Füchtbauer[1]) angegebenen Absorptionsmethode vorgenommen und erstreckten sich auf das 2. und 3. Cäsium-Dublett, welches durch Wasserstoff, und das 2. Kalium-Dublett, welches durch Stickstoff und Wasserstoff verbreitert wurde.

Infolge der Verwendung des Waibel'schen Photometers konnte bei großen Schwärzungen der photographischen Platte gearbeitet werden, wo die Charakteristik fast geradlinig verläuft und Unregelmäßigkeiten in der Verteilung des Silberkornes nicht stören. Um ein intensives Kontinuum zu erhalten, wurde eine Lampe mit 4 auswechselbaren Wolframdrähten konstruiert, die stark überbelastet brannte. Gemessen wurden bei allen Aufnahmen die Halbwertsbreiten und die Unsymmetrie der Linien, beim 2. Kalium-Dublett das Intensitätsverhältnis und in einigen Fällen die Absolutintensitäten.

Die erzielten Verbreiterungen sind, da lange Absorptionsrohre und somit niedrige Temperaturen verwendet wurden, ganz vorwiegend den Fremdgasen zuzuschreiben, besonders da die effektiven, im Absorptionsrohre herrschenden Dampfdrucke weniger als 0,01 mm betrugen. Die Dopplerverbreiterung ist, wie leicht nachgerechnet werden kann, vollständig zu vernachlässigen. Störender wäre die endliche Breite des Spektrographenspaltes und des Photometerspaltes. Immerhin betrug die Halbwertsbreite der Linien fast immer das 10- bis 12-fache der Spaltbreite unter Berücksichtigung der Vergrößerungslinse vor der photographischen Platte, sodaß der Fehler nicht groß sein dürfte. Untereinander sind die Werte aber sehr gut vergleichbar, da auch in anderen Arbeiten auf dem gleichen Gebiet niemals eine Spaltkorrektion angebracht wurde.

[1]) Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, Ann. d. Physik, 43, S. 96 (1914). Im folgenden stets als Ann. 43 bezeichnet.

II. Versuchsanordnung

a) Absorptionsrohre und Oefen

Für die Messungen mit H_2 als verbreiterndem Gas wurde ein Absorptionsrohr von 90 cm, für die Messungen mit N_2 ein solches von 20 cm Länge benutzt. Die große Länge bei Wasserstoff war geboten, weil dadurch der Alkalidampfdruck und die Temperatur niedrig gehalten werden konnten, sodaß die Reaktion zwischen Alkali und Wasserstoff nicht allzu schnell verlief. Die Rohre bestanden aus Supraxglas mit aufgeschmolzenen, planparallelen Platten. Sie befanden sich in 130, bezw. 75 cm langen elektrischen Oefen. Diese trugen 3 getrennte Wickelungen, sodaß durch Nebenschlußwiderstände die Temperaturen an beiden Rohrenden auf genau gleiche und in der Mitte 0,25° bis 0,50° tiefere Temperatur einreguliert werden konnten, um einen Alkalibeschlag auf den Endflächen zu vermeiden.

b) Einbringen des Alkalimetalls

Das Cäsium und Kalium war durch mehrfache Destillation im Hochvakuum gereinigt und in Patronen gefüllt, welche, nach Abbrechen der Spitze, in dazu vorbereitete Glasansätze der Apparatur eingebracht wurden. Zum Abfangen von Quecksilberdämpfen wurde in das Verbindungsrohr zwischen Ofen und Gasvorratsgefäß auf eine größere Strecke Kalium destilliert. Hierauf wurde das Alkali im Vakuum ins Absorptionsrohr hineindestilliert. Es wurde darauf gesehen, daß das Alkali in feinsten Tröpfchen die ganze Länge des Rohres mit Ausnahme der aufgeschmolzenen Endplatten benetzte.

c) Temperaturmessung

Die Temperaturen wurden mit 2 Silber-Konstantan Thermoelementen gemessen, welche durch eine Wippe mit dem Millivoltmeter verbunden waren, um schnell hintereinander die Temperaturen an verschiedenen Stellen des Absorptionsrohres messen zu können. Die Thermoelemente wurden mit den Millivoltmetern (von 7,5 und 17 mV Meßbereich) zusammen geeicht unter Zuhilfenahme der Siedepunkte des Wassers und Anilins, sowie der Erstarrungspunkte des Zinns und Wismuts. Die in den Tabellen angegebenen Temperaturen sind auf etwa $\pm$ 1° genau; unterhalb von 190° sind jedoch die Temperaturbestimmungen exakter, da das 7,5 mV-Instrument eine genauere Ablesung gestattet als das für die höheren Temperaturen benützte 17,5 mV-Instrument. Eine genauere Temperaturmessung wurde nicht angestrebt, denn zur Bestimmung der Stoßzahlen sind die Angaben vollständig hinreichend, die Halbwertsbreite aber ist vom Dampfdruck des Alkalimetalls unabhängig.

d) Einfüllen und Komprimieren der Fremdgase

Das Absorptionsrohr war durch ein Glasrohr über ein Vorratsvolumen mit einem Steigrohr von 4 m Höhe verbunden. In letzteres konnte Quecksilber eingegossen und so das Gas in das Absorptionsrohr hineingedrückt werden. Die Fremdgasdrucke ließen sich von 760 bis 4000 mm variieren. Als Fremdgase wurden Wasserstoff und Stickstoff aus Bomben benutzt, welche, zur Absorption von Sauerstoff, in kleinen Bläschen durch Pyrogallol geleitet, über P_2O_5 getrocknet und zuletzt durch eine Ausfriertasche geschickt wurden. Nach Einfüllen des Fremdgases wurde die Apparatur abgeschmolzen.

e) Spektrograph

Das von der Lichtquelle kommende Licht durchsetzte, nach Durchgang durch die Linse L_1 (Abb. 1) das Absorptionsrohr als paralleles

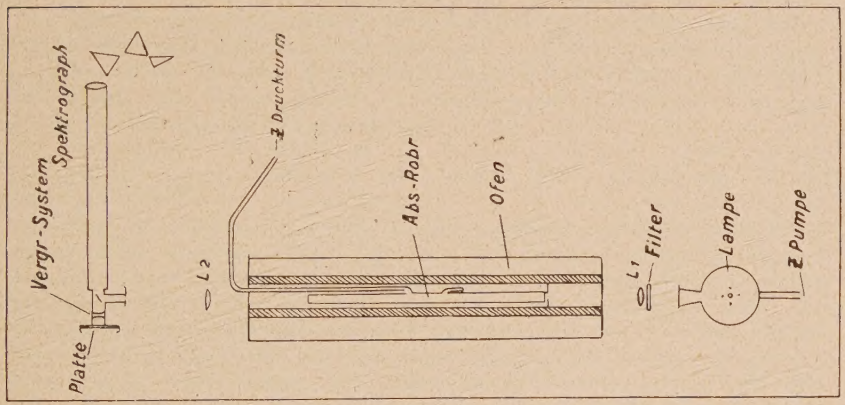

Abbildung 1

Büschel und wurde durch eine zweite Linse L_2 auf den Spalt eines 2 1/2-Prismenspektrographen in Autokollimation abgebildet [2]). Die Spaltbreite betrug 0,015 mm, die ausgeblendete Spalthöhe 1,2 mm. Vor der Kassette befand sich ein Negativsystem, welches das Spektrum auf etwa das 2,25-fache vergrößerte. Dasselbe wurde jedoch bei den Messungen am ultravioletten Dublett des Cäsiums fortgelassen.

Die Fukusierung und Bestimmung der Dispersion erfolgte mittels Eisenfunkens. Die Dispersion betrug für das blaue Cs-Dublett 0,673 mm/Å, für das erste ultraviolette Cs-Dublett 0,368 mm/Å und für das violette K-Dublett 0,558 mm/Å. Durch Neigen des letzten, versilberten Prismas und Verstellen des Spaltbegrenzers in der Höhe wurden die Absorptionslinien möglichst senkrecht gestellt. Sofern dies nicht vollständig zu erreichen war, wurde der Photometerspalt beim Ausmessen der Platten mit seiner Längsachse genau in Richtung der Absorptionslinie gebracht.

[2]) Beschreibung des Spektrographen in Ann. 43.

f) Filter

Um falsches Licht möglichst fernzuhalten, wurden vor die Linse L_1 Filter gesetzt. Für das Cs-Dublett bei 455 μμ durchsetzte das Licht zwei Absorptionsgefäße von je 1 cm Schichtdicke, welche 10 %ige Chininbisulfat, bzw. 1 %ige Tetramminkuprisulfat-Lösung enthielten. Für das Cs-Dublett bei 388 μμ wurde ein 0,5 mm starkes Schott'sches Uvettglas und für das K-Dublett bei 404 μμ ein Schott'sches Blauglas B. G. 3 von 2 mm Dicke vorgeschaltet. Ferner war stets darauf geachtet worden, daß alles in den Spektrographen gelangende Licht das Absorptionsrohr durchsetzt hatte. Zur weiteren Vermeidung von falschem Licht diente die Begrenzung der Spalthöhe auf 1.2 mm und die Verwendung eines nicht zu weiten Lichtbüschels, welches das Fernrohrobjektiv gerade knapp ausfüllte. Da es stets gelang die Absorptionslinien bis auf den Grund zu absorbieren, war der Beweis erbracht, daß kein falsches Licht vorhanden war.

g) Intensitätsmarken

Von der Verwendung des rotierenden Sektors mußte Abstand genommen werden, da die hier möglichen Fehler die mit dem verwendeten Photometer erzielbare Genauigkeit illusorisch gemacht hätten. Wenn auch der Sektor für den subjektiven Gebrauch und für die Photozelle verwendbar ist, wo die Gültigkeit des Talbot'schen Gesetzes ja einwandfrei nachgewiesen worden ist, so liegen die Verhältnisse für die photographische Platte immer noch ungeklärt. Gegen Verwendung des rotierenden Sektors in der photographischen Photometrie sprechen entschieden die Untersuchungen von R. Davis [3]), welcher, je nach den Versuchsbedingungen, bald eine zu stark, bald eine zu schwach geneigte Charakteristik erhielt. Eigene Untersuchungen zeigten, daß die mit dem rotierenden Sektor erhaltenen Intensitäts-Schwärzungskurven flacher verlaufen als eine mit der Blendenmethode gewonnene Charakteristik. Die Abweichungen betrugen für ein Intensitätsverhältnis von 1 :6 über 15 %, waren aber stark abhängig von der Absolutschwärzung und vom Intensitätsverhältnis als solchem, sowie vom Verhältnis Licht: Pause, womit die Untersuchungen von Davis vollauf bestätigt werden konnten.

Es wurde daher für die Intensitätsmarken ein Absorptionsblättchen [4]) verwendet, welches in die Kasette vor die photographische Platte eingelegt werden konnte und 2, je 2 mm breite, Platinzerstäubte Streifen besaß. Dieselben lagen parallel den Absorptionslinien und so, daß zu beiden Seiten ein genügend breites Stück des kontinuierlichen Grundes vorhanden war, sodaß die Intensität des Kontinuums am Orte der Marken interpoliert werden konnte. Die Verwendung des Absorptionsblättchens bietet ja den großen Vorteil, daß von der Lichtquelle keine Konstanz verlangt wird.

Für die Cs/H_2-Aufnahmen hatten die Stufen 29,2 bezw. 61,5 % Durchlässigkeit. Da für die verwendeten Platten und Entwickler die Form der Schwärzungskurve aus anderen Messungen genau bekannt war, so war es erlaubt sich auf 3 Intensivitätsmarken zu beschränken und Extrapolationen von 29,2 bis auf 24 %, in einem Fall allerdings auch noch etwas weiter, vorzunehmen, falls dies un-

[3]) R. Davis, Bureau of Standards 21, S. 95 (1926).

[4]) Die Methode wurde bereits von Füchtbauer in Ann. 71, S. 204 (1923) angegeben.

erwarteter Weise notwendig wurde. Sonst wurde absichtlich keine höhere Absorption angestrebt, da hierzu höhere Temperaturen des Cäsiumdampfes nötig waren, was die Bildung von Cäsiumhydrid sehr begünstigt hätte. Dieselbe setzte auch bei ca. 280° und ca. 880 mm Druck so stark ein, daß keine genügende Absorption mehr erreicht werden konnte. Für die Messungen am Kalium wurde das Absorptionsblättchen neu bestäubt und erhielt die Durchlässigkeiten 22,4 bezw. 59,8 % in voller Uebereinstimmung mit der Bestellung, welche auf 22 und 60 % Durchlässigkeit lautete.

Für persönliche Ratschläge bei Bestellung des Blättchens und für die äußerst sorgfältige Ausführung desselben sei Herrn Dr. Keßler von der Firma Carl Zeiß, Jena, auch an dieser Stelle wärmster Dank ausgesprochen.

Das Absorptionsblättchen besaß eine Größe von 25×40 mm, die 2 mm breiten und 40 mm langen Absorptionsstreifen waren in der Längsrichtung über 25 mm bis auf $\pm$ 0.5 % konstant, über die Breite gemessen war die Konstanz noch besser. Es wurden fast alle Belichtungen an der Stelle des Blättchens vorgenommen, an welcher die Werte 22,4 bezw. 59,8 % gemessen worden waren, sodaß für das Absorptionsblättchen keinerlei Korrektion eingeführt zu werden brauchte. Die Ausmessung wurde mit dem Waibel'schen Photometer (s. Abschn. j), unter den nötigen Vorsichtsmaßnahmen, wie schmales Lichtbüschel, geringe Anodenspannung usw. vorgenommen.

h) Lichtquelle

Da vorzugsweise in einem Schwärzungsbereich zwischen 0,4 und 1,7 photometriert und sämtliche Platten in Eisenoxalat entwickelt wurden, so mußte, gegenüber früheren Messungen mit demselben Spektrographen, mindestens die dreifache Lichtintensität aufgewendet werden, wenn die Belichtungszeiten nicht erhöht werden sollten. Da der für die Wasserstoffaufnahmen als verbreiterndes Gas benutzte Ofen eine Länge von 135 cm besaß, und damit eine recht große Wärmekapazität bei sehr guter Isolierung, war die Temperatur etwas schwierig einzuregulieren, sodaß die Belichtungszeit nicht über 20 Minuten ausgedehnt werden konnte. Um ein sehr genaues Photometrieren zu ermöglichen, sollte außerdem das Kontinuum frei von Streifen sein, sodaß eigentlich nur ein stark überbelasteter Wolframdraht als Lichtquelle in Betracht kam. Es soll hier die Konstruktion einer selbstangefertigten Lampe beschrieben werden, die, obwohl etwas kompliziert, sich doch betriebssicherer als andere, einfachere Konstruktionen, erwies und vor allem gute Justiermöglichkeiten bot.

Ein Molybdändraht von 5 mm Durchmesser und 320 mm Länge (Abb. 2), durch welchen die Stromzuführung erfolgte, war in die Mitte der Grundplatte fest eingeschraubt und trug an seinem unteren Ende ein Verteilungskreuz aus Messing. Zwischen diesem und den isoliert durch die Grundplatte hindurchgeführten 4 Stromableitungen aus 3 mm starkem Kupferdraht befanden sich 4 Wolframdrähte von 1 mm Durchmesser und 60 mm Länge, welche in Eisenklötze eingeklemmt waren. Die Grundplatte von 31 mm Durchmesser war mit weißem Kittlack in einen Gundelachschliff No. 6 eingekittet. Die Grundplatte wurde intensiv von innen, der Schliff durch Bleirohr von außen durch ständig strömendes Wasser gekühlt. Den Kupferdrähten wurde eine geringe mechanische Spannung gegeben, derart, daß der Wolframdraht während

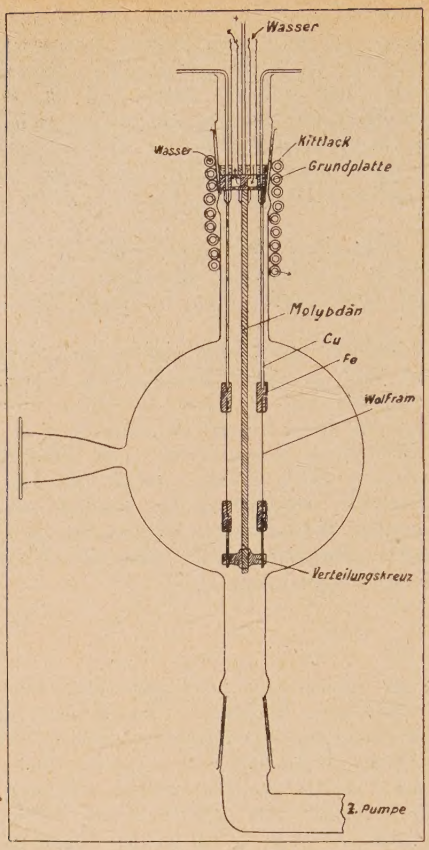

Abbildung 2

des Glühens infolge seiner Wärmeausdehnung einen Bogen nach vorn bildete, sein Bild also nicht aus dem Spektrographenspalt herauswanderte. Allerdings kam es oft vor, daß der Draht, selbst wenn die Lampe ganz langsam ausgeschaltet wurde, bei der Abkühlung noch nach ¼ Stunde riß. Dies mußte mit in Kauf genommen werden, da von einem Quecksilberkontakt Abstand genommen werden sollte. Durch Drehen des Schliffes konnte das Bild des Wolframfadens wieder auf den Spalt zurückgebracht werden, falls es seitlich herausgewandert war. Wenn der Glühdraht durchgebrannt war, was meist nach 7 bis 8 Aufnahmen geschah, (in einem einzigen Falle hingegen erst nach 30), so wurde der Strom an den nächsten Wolframdraht gelegt und der Schliff um 90° weitergedreht.

Die Lampe wurde auf einen zweiten Schliff aufgesetzt und ständig mittels einer Vollmer'schen Diffusionspumpe mit Oelvorpumpe auf Fluoreszenzvakuum gehalten. Betrieben wurde die Lampe mit einer Gleichstrommaschine, die durch einen dem Feld parallel geschalteten Widerstand vom Arbeitszimmer aus regulierbar war. Der 1 mm dicke Glühdraht mußte langsam eingebrannt werden und vertrug eine Be-

lastung von 68 Amp. Die Spannung, die dann an der Lampe nebst 6 m Zuleitungskabel lag, betrug meist 5,8 Volt, auf welche während der weiteren Aufnahmen immer einreguliert wurde. Zwischen zwei Expositionen wurde die Lampe nur mit ca. 25 Amp. belastet. Nachdem die 4 Fäden durchgebrannt waren, mußte der dicke Wolframbeschlag der Glaswände mittels Wasserstoffsuperoxyd und mechanischer Mittel entfernt und meist ein neues Glasfenster angekittet werden, ehe die Lampe wieder in Betrieb genommen werden konnte.

Die anfänglich benutzten Wolframdrähte zeigten eine spiralförmige Struktur welche sich im Spektrum durch Streifen bemerkbar machte. Auch war die Entgasung dieser Drähte sehr langwierig. Später bezogene Drähte mit vollständig glatter und heller Oberfläche zeigten keinerlei Streifen. Das einmalige Einbrennen dieser Fäden erforderte, unter gleichzeitigem Ausheizen der anderen Metallteile, nur etwa 20 Minuten, während ein einmal benutzter Draht in wenigen Minuten auf 68 Amp. gebracht werden konnte, ohne daß das hohe Vakuum wesentlich beeinträchtigt wurde.

Für die freundliche Ueberlassung des Molybdändrahtes und der benötigten Mengen Wolframdrahtes sei auch an dieser Stelle der Osram-Berlin, insbesondere Herrn Dr. Ernst Friederich, bestens gedankt.

i) Platten und Entwickler

Zu allen Aufnahmen dienten Eisenberger Ultra-Rapid Platten, welche bei hoher Empfindlichkeit ein kleines Silberkorn, und vor allem vollkommen gleichmäßige Schicht zeigen. Entwickelt wurden sämtliche Platten in Eisenoxalat, die Entwicklungsdauer betrug 15 Minuten. Die sorgfältige Behandlung der Platten ist Vorbedingung für eine exakte Photometrierung, besonders der Linienform, da jede schnelle Trocknung Quellung, Kräuselung oder Verschiebung der Schicht, sowie Ablagerung von Staubteilchen bedingt.

j) Photometer

Zur Photometrierung der Aufnahmen wurde ein von Herrn Dr. Ferd. Waibel-Berlin, Siemensstadt, serienmäßig hergestelltes lichtelektrisches Photometer mit Galvanometer verwendet[5]). Mit einem Zeiß-Mikroskopobjektiv C betrug die Größe des verwendeten Photometerspaltes am Plattenort 0,025×0,73 mm. Als Kondensor diente ein aplanatischer Zeiß-Mikroskopkondensor 1,4 ohne Vorderlinse, welcher infolge seiner einwandfreien sphärischen Korrektion gegenüber einem gewöhnlichen Kondensor über doppelt so große Galvanometerausschläge gab. Durch Auflegen einer Blende von 9 mm Durchmesser auf den Kondensor und Verwendung eines hochempfindlichen Galvanometers von großer Schwingungsdauer (dasselbe wurde nur zu diesem Versuch gebraucht) wurde an einer steil abfallenden Emissionslinie nachgewiesen, daß die weite Oeffnung des Kondensors die Intensität und Form der Linie keineswegs beeinflußt, wie dies durch Diffusion des Lichtes am Silberkorn denkbar wäre. Bei Verwendung des aplanatischen Kondensors konnte die Zellenspannung weit unter dem vorgeschriebenen Werte gehalten werden (132 statt 140 Volt), sodaß die Zelle sehr geschont wurde und das Photometer absolut reproduzierbare Werte anzeigte.

5) F. Waibel, Z. f. Ph. 53, S. 459 (1929).

Da das Photometer 400 Skalenteile, die auf $^1/_{10}$ genau abgelesen werden können, besitzt, ist die Genauigkeit der Messungen das Vielfache der mit Registrierphotometern erreichbaren. Ein noch wesentlicherer Vorteil ist, daß der günstigste Meßbereich des lichtelektrischen Photometers nach Waibel zwischen 0,4 und 1,7 (Schwärzungen) liegt, man also fast nur im geradlinigen Teil der Schwärzungskurve arbeitet. Bei so hohen Schwärzungen sind ferner die Störungen durch das Silberkorn vollständig zu vernachlässigen.

III. Gang der Versuche und Messungen

a) Die Aufnahmen

Der Ofen wurde, nachdem durch Vorversuche die Temperatur angenähert festgestellt worden war, über Nacht angeheizt und auf konstante Temperatur einreguliert. Dann wurde stets eine große Anzahl Aufnahmen hintereinander gemacht.

Bei den Cs/H_2-Versuchen wurde praktisch nur die Temperatur verändert, sodaß höchstens, bei der großen Trägheit des 135 cm langen Ofens, alle Stunden eine Aufnahme gemacht werden konnte. Bei K/N_2 und K/H_2 wurden bei konstant gehaltener Temperatur die Drucke zwischen zwei Aufnahmen von etwa 10 zu 10 cm variiert. Dadurch sollte die Maximalabsorption, welche ja der Halbwertsbreite, und damit dem Druck, umgekehrt proportional ist, variiert werden, um die beste Maximalabsorption auswählen zu können. Es wurden dann die Aufnahmen entweder mit Pausen von 10 Minuten, was genügte um das durch Druck Zu- oder Abnahme gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, oder mit Pausen, welche durch die Entwicklungszeit der Platten bedingt waren, vorgenommen. Die Platten konnten erst am nächsten oder übernächsten Tage ausphotometriert werden, aus ihnen wurden dann die passenden Temperaturen und Drucke für die weiteren Aufnahmen bestimmt.

b) Das Photometrieren

Die mit dem zuletzt bezogenen Wolframdraht gemachten Aufnahmen zeigen ein etwa 2,5 mm breites, vollständig gleichmäßig geschwärztes Spektralband. Die Platten wurden zunächst sorgfältig unter dem Photometer ausgerichtet und in einer bestimmten Reihenfolge durchgemessen. Da das Galvanometer infolge elastischer Nachwirkungen bei großen Ausschlägen über 200 mm nicht vollkommen in die Nullpunktslage zurückkehrte, wurden zunächst nur die Stellen der Platte ausgemessen, welche bis zu 100 mm Skalenausschläge ergaben, also unter Umgehung der starken Intensitätsmarke und der Spitze der Absorptionslinie, wo eine Blende über den Kondensor geschoben wurde. Dies diente zugleich der Bestimmung des Nullpunktes während der Messungen, neben einigen weiteren Bestimmungen vor und nach der Messung. Danach erst wurde die Spitze der Absorptionslinie und die starke Intensitätsmarke photometriert, wobei sich die Kurven an die vorher gemessenen genau anschlossen, zum Schluß der Schleier. Eventuelle geringe Verschiebungen des Nullpunktes sind ja hier ohne Einfluß. Der Schleier schwankte bei den verwendeten Aufnahmen auf beiden Seiten längs des Kontinuums höchstens um ± 2 Skalenteile bei ca. 350 Skalenteilen Gesamtausschlag, oder um etwa $\pm 0{,}5$ %. Die Schleierfreiheit ist in erster Linie der, allerdings sehr zeitraubenden, Entwicklung mit Eisenoxalat zu verdanken. Geringe, der Luftfeuchtigkeit zuzuschreibende Nullpunktswanderungen bis 0.3 Skalenteile berücksichtigte ich. Bei stärkeren Wanderungen wurden die Messungen wiederholt.

c) Das Auswerten

Es wurden etwa 18 mm des Spektrums mit ca. 100 Meßpunkten ausgemessen in Abständen, die, je nach dem Ort, von 0.5 (im Kontinuum) bis 0,02 mm (in den Linien) variierten. Es konnten dann die Photo-

meterausschläge nach Berücksichtigung der Nullpunktskorrektion auf Millimeterpapier aufgetragen und kontinuierlicher Grund, erste und zweite Intensivitätsmarke, auf ein und derselben Vertikalen abgelesen werden, welche zwischen den beiden Intensitätsmarken hindurchführte. Ein Beispiel zeigt Abb. 3.

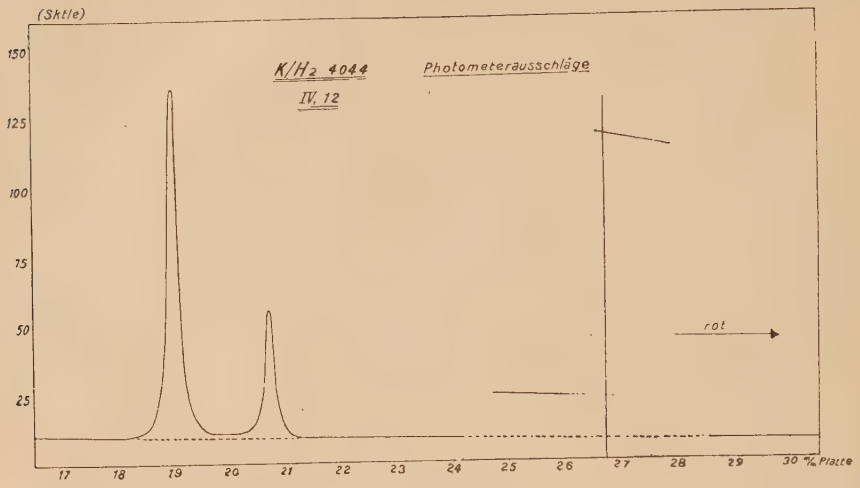

Abbildung 3

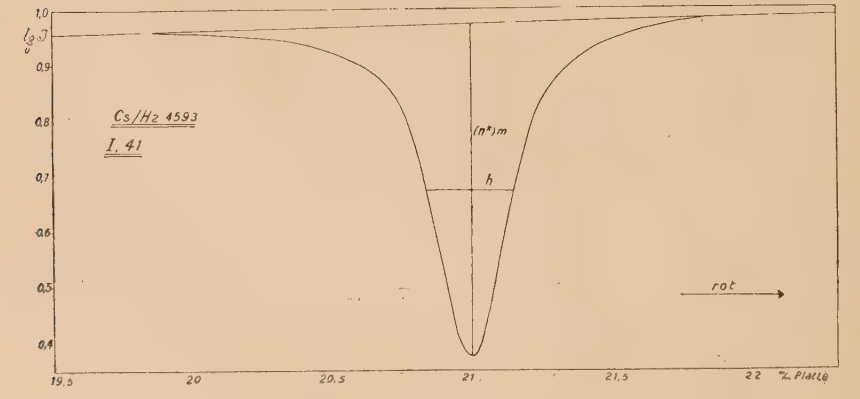

Abbildung 4

Mit Hilfe der so gefundenen Zahlen mußte die Schwärzungskurve gezeichnet, und an dieser die aus den Photometerausschlägen berechneten Schwärzungen für die Absorptionslinien und ihre Umgebung in log. I abgelesen werden. Auf Grund dieser so gewonnenen Werte wurden die log. I oder $\eta\chi$-Kurven gezeichnet (siehe Abb. 4, welche zugleich

die Linienform einer Cs/H_2-Aufnahme erkennen läßt). Der kontinuierliche Grund konnte immer mit hinreichender Genauigkeit als Gerade eingezeichnet werden. Für die Aufnahmen des Cs-Dubletts bei 388 µµ war die Intensitätsabnahme des Kontinuums beträchtlich, sodaß die Kurven auf gleichmäßigen kontinuierlichen Grund umgezeichnet wurden. Bei den Kalium-Aufnahmen mußten die beiden Komponenten, welche sich etwas überdeckten, sorgfältig auseinandergezeichnet werden. Da die Linien nicht symmetrisch sind, war diese Operation nicht frei von einer gewissen Willkür, jedoch dürften die in dem Kapitel „Unsymmetrie" angegebenen Werte für das K-Dublett von den wirklichen Werten nicht viel abweichen.

Für die Intensität an einer beliebigen Stelle der Linie gilt: [6])

$$I = I_0 \cdot e^{\frac{-4\pi \ln k}{\lambda}}$$

daraus ergibt sich:

$$n k = \ln \frac{I_0}{I} \cdot \frac{I}{4\pi l} = \ln \frac{I_0}{I} \cdot \text{const.}$$

Aus den log. I-Kurven lassen sich also direkt die $n\varkappa$-Werte durch Differenzbildung gegen log. I_0 (I_0 = Intensität des kontinuierlichen Grundes an der betrachteten Stelle) ablesen. Die Halbwertsbreite ist der Abstand der beiden Kurvenpunkte, an denen die Absorption noch die Hälfte ihres Maximalwertes $(n\varkappa)_m$ beträgt. Sie ist in Abb. 4 mit h bezeichnet.

Die Absolutintensität einer Spektrallinie kann im Sinne der klassischen Strahlungstheorie als Anzahl der Resonatoren pro Atom aufgefaßt werden. Bezeichnen wir die Anzahl der Resonatoren mit $\mathfrak{N}$, die Anzahl der Atome im cm^3 mit N, so ergibt sich $f = \mathfrak{N}/N$ die Resonatorenzahl pro Atom. N wird aus dem Dampfdruck p′ bestimmt:

$$N = \frac{N_0 \cdot p' \cdot 273}{760 \cdot T},$$

wo N_0 die Loschmidt'sche Zahl ist.

$\mathfrak{N}$ kann sowohl aus den $(n\varkappa)_m \cdot \omega'$-Werten, als auch aus dem Integral über die Linienform $\int n\varkappa \, d\omega$ gefunden werden. Letzterer Methode mußte hier der Vorzug gegeben werden, da die Absorptionslinien stark unsymmetrisch waren. Für die Aufnahmeserien I, III und IV (Cs/H_2, 2. Dublett, K/N_2 und K/H_2) war das Integral über die Absorptionskurve $\int n\varkappa \, d\omega$ nicht gleich $\frac{\pi}{2} \cdot (n\varkappa)_m \cdot \omega'$, wie dies durch Ausintegration folgen würde [7]), sondern im Mittel nur $0{,}86 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot (n\varkappa)_m \cdot \omega'$. Ein Gang dieses Faktors mit der Temperatur oder dem Druck war nicht nachzuweisen, mit Ausnahme der Aufnahmen der Serie II (Cs/H_2, 3. Dublett), was bei der starken Hydridbildung ja nicht verwunderlich ist.

Bezeichnen wir das Integral über die Linienform mit $L = \int n\varkappa \, d\omega$, so ergibt sich gemäß den in der zitierten Arbeit abgeleiteten Formeln, auf die hier nicht näher eingegangen sein soll:

---

[6]) Voigt, Elektro- und Magnetooptik. Teubner.

[7]) P. Kunze, Ann. d. Physik 65, S. 1013 (1926).

$$f = \frac{\mathfrak{N}}{N} = \frac{\omega_0 \cdot m}{\pi^2 e^2} \cdot \frac{L}{N}$$

L wurde aus den Kurven durch Planimetrieren ermittelt und mußte auf den richtigen Maßstab umgerechnet werden. Dies sei an der Cs-Linie 4555 als Beispiel durchgeführt (siehe Abb. 4).

Im Ordinatenmaßstab entsprechen 20 cm dem Wert von

$$\log I_0 - \log I = 1. \text{ Da}$$

$$nk = \ln \frac{I_0}{I} \cdot \frac{\lambda}{4\pi l} \text{ ist,}$$

so ergibt sich für 1 cm Ordinate für die Cs-Linie 4555 bei 90 cm Länge des Absorptionsrohres:

$$1 \text{ cm} = \frac{2{,}3 \cdot 4{,}555 \cdot 10^{-5}}{20 \cdot 4 \cdot 90} = 4{,}63 \cdot 10^{-9}$$

wo 2,3 der Umrechnungsfaktor für den Brigg'schen in den natürlichen Logarithmus ist.

Im Abscissenmaßstab entspricht 1 cm auf dem Koordinatenpapier 0,1 mm auf der Platte oder, wenn die Dispersion bei 455 μμ 0,673 mm/Å beträgt:

$$1 \text{cm} = \frac{0{,}1}{0{,}673} = 0{,}1485 \text{ Å}$$

Aus der Gleichung

$$\omega = \frac{2\pi c}{\lambda} \text{ folgt } d\omega = \frac{2\pi c \cdot d\lambda}{\lambda^2}$$

1 cm der Abscisse ist also:

$$1 \text{cm} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}1485 \cdot 10^{-8}}{4{,}55^2 \cdot 10^{-10}} = 1{,}35 \cdot 10^{11}.$$

1 cm² ausplanimetrierter Fläche ist somit:

$$1 \text{ cm}^2 = 4{,}63 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}35 \cdot 10^{11} = 6{,}25 \cdot 10^2.$$

Bemerkung über den Einfluß des Wasserstoffs und Stickstoffs auf die Alkalidampfdrucke.

Die Dampfdrucke[8]) für Cäsium waren den Messungen von Kröner, sowie von Langmuir und Kingdon entnommen. Unter Zugrundelegung der Langmuir-Kingdon'schen Werte bei den Temperaturen 20° und 80°, und der Kröner'schen bei 278,4° und 346,5° wurden Punkte im Abstande von 25° C mittels einer 4-konstantigen Formel (rein mathematisch) ermittelt und durch sie eine Kurve hindurchgelegt, in welcher

[8]) Kröner, Ann. d. Physik 40, S. 438 (1913).
Langmuir u. Kingdom, Proc. 107, S. 61 (1925).
Killian, Phys. Rev. 27, S. 578 (1926).
H. Rove, Phil. Mag 3, S. 534 (1927) hat Dampfdrucke für die Alkalien zusammengestellt.

die Logarithmen der Dampfdrucke gegen die Temperaturen aufgetragen waren.

Die Dampfdrucke für Kalium wurden aus den Werten von Killian und Kröner graphisch interpoliert unter Anlehnung an die Kurvenform der Cs-Dampfdrucke. Dies ist um so mehr erlaubt, als Killian zur Dampfdruckbestimmung des Kaliums dieselbe Methode anwendete wie Langmuir und Kingdon für Cäsium.

Die so ermittelten Dampfdrucke, sowie die berechneten Integrale über die Absorptionskurven $L = \int n_x \, d\omega$ gestatten die Berechnung der Stärke der Linien, d. h., im Sinne der klassischen Strahlungstheorie, die Anzahl der Resonatoren pro Atom. Die Einzelwerte seien hier nicht mitgeteilt, sondern nur die Ergebnisse zusammengefaßt.

Es ergibt sich unter Heranziehung der von Minkowski und Mühlenbruch[9]) gemessenen Verhältnisse der Linienstärken für das 2. Cs-Dublett, daß der tatsächliche Dampfdruck in dem mit Cs und H_2 beschickten Rohr (die Temperaturen schwankten zwischen 180° und 290°, die Drucke zwischen 820 mm und 880 mm) nur etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{200}$ desjenigen Dampfdruckes war, welcher dem Cäsium bei den entsprechenden Temperaturen im Gleichgewicht zukommen würde.

Beim Einsetzen analoger Werte für das 2. K-Dublett nach den Messungen J. Weilers[10]) ergibt sich, daß für Kalium bei Verbreiterung durch H_2 (Temperatur zwischen 180° und 215°, Drucke zwischen 1700 mm und 2300 mm) der tatsächliche Dampfdruck etwa $^1/_{10}$ desjenigen war, welcher dem K im Gleichgewicht zukommen würde. Für K, welches durch N_2 verbreitert wurde, hingegen, betrug das Verhältnis nur noch etwa $^1/_3$ bis $^1/_4$ (Temperaturen zwischen 185° und 213°, Drucke zwischen 2100 mm und 3700 mm).

Diese Erscheinung läßt sich bei Wasserstoff als verbreiterndem Fremdgas in einfacher Weise durch die Hydridbildung erklären, denn diese nimmt ebenfalls mit Temperatur und Druck zu und ist für Cs größer als für K. Die verdampfenden Alkali-Atome vereinigen sich mit Wasserstoff zu Alkali-Hydrid, und zwar mit endlicher Reaktionsgeschwindigkeit, während nicht genügend Alkali-Atome aus dem verdampfenden Metall nachgeliefert werden. So tritt ein Absinken des wahren Dampfdruckes gegenüber dem Dampfdruck ein, welcher bei der gleichen Temperatur ohne Hydridbildung herrschen würde. Es scheint ferner, daß der sich bildende Hydridbeschlag das Cäsium am weiteren Verdampfen hindert, denn außer mit der Temperatur und dem Druck zeigten die Aufnahmen noch einen deutlichen Gang mit der Aufnahmenummer.

Die Herabsetzung des Dampfdruckes durch Stickstoff hingegen zeigt, daß auch, ohne daß eine chemische Reaktion zwischen Alkali und verbreiterndem Gas auftritt, die Alkalidampfdrucke durch Fremdgase herabgesetzt werden, allerdings in viel schwächerem Maße.

Auf die Halbwertsbreiten, die Hauptgegenstand dieser Arbeit sind, haben ja die Dampfdrucke, darauf sei ausdrücklich hingewiesen, keinerlei Einfluß, insbesondere nicht, wenn sie, wie in vorliegender Arbeit, weniger als $^1/_{100}$ mm betragen.

---

[9]) Minkowski u. Mühlenbruch, Z. f. Ph. 63, S. 198 (1930).

[10]) J. Weiler, Ann. d. Physik 1, S. 361 (1929).

IV. Tabellen

Im folgenden seien die Tabellen wiedergegeben, welche die gesamten Versuchsergebnisse vereinigen. In der ersten Kolonne ist die violette Komponente mit v, die rote bei normaler Absorption mit r bezeichnet. **r** ist die rote Komponente bei schwacher Absorption, wie sie bei gleichzeitiger normaler Absorption der violetten (stärkeren) Komponente auftritt. Sie ist im Wesentlichen nur zur Bildung des Intensitätsverhältnisses herangezogen worden, da im Uebrigen den r-Werten größere Genauigkeit zukommt als den **r**-Werten.

Die sonst gebrauchten Bezeichnungen sind die üblichen. Es bedeutet:

p der Fremdgasdruck in mm Hg-Säule.

D der Prozentsatz des Lichtes, der an der Stelle der Maximalabsorption noch auf die Platte gelangte.

h die Halbwertsbreite in mm auf der photographischen Platte.

ω' die Halbwertsbreite im Kreisfrequenzmaß (von Füchtbauer und seinen Schülern in Anlehnung an Voigt bisher meist mit ν' bezeichnet).

$\omega'(_1) = \omega' \cdot \frac{760}{p} \cdot \sqrt{\frac{T}{273}}$ die Halbwertsbreite im Kreisfrequenzmaß, reduziert auf 1 Atm. u. 0° C, im Sinne der Lorentz'schen Stoßtheorie. In den früheren Arbeiten Füchtbauers und seiner Schüler wurde die Reduktion auf die relative Dichte 1 vorgenommen nach der Formel:

$$\frac{\omega'}{d}\left(\text{bezw. } \frac{\nu'}{d}\right) = \omega' \cdot \frac{760}{p} \cdot \frac{T}{273} .$$

F_r/F_v die Unsymmetrie, wo F_r den Flächeninhalt der Kurve von der Linienmitte nach rot bezeichnet, F_v entsprechend nach violett.

Bei Besprechung der Teilresultate werden die jeweils interessierenden Werte diesen Tabellen entnommen und der Uebersichtlichkeit wegen nochmals zusammengestellt werden unter Hinzufügung der Mittelwerte.

Tabelle 1

Cs/H_2 4555—4593 Serie I

Aufn. No.	t °C	p mm	D %	h mm	ω'	ω' (1)	F_r / F_v
15^d v	182,2	845	33,1	0,335	$4{,}52.10^{11}$	$5{,}26.10^{11}$	0,947
14v	187,3	820	28,5	0,327	4,40 „	5,30 „	0,995
35v	190,8	845	25,4	0,325	4,38 „	5,14 „	1,02
25r	212,9	860	23,0	0,327	4,34 „	5,13 „	0,863
40r	214,1	860	24,4	0,305	4,05 „	4,78 „	0,955
41r	215,3	860	23,7	0,311	4,12 „	4,87 „	0,917

Tabelle 2

Cs/H_2 3877—3889 Serie II

Aufn. No.	t °C	p mm	D %	h mm	ω'	ω' (1)	F_r / F_v
10v	239,1	865	27,0	0,561	$19{,}1.10^{11}$	$23{,}0.10^{11}$	1,23
11v	240,9	870	26,2	0,565	19,2 „	23,1 „	1,24
12v	244,1	875	23,7	0,570	19,4 „	23,2 „	1,19
12^b r	280,7	880	33,6	0,561	18,9 „	23,3 „	1,78
12^c r	289.7	880	26,0	0.541	18,3 „	22.7 „	1,51

Tabelle 3

K/N_2 4044—4048 Serie III

Aufn. No.	t °C	p mm	D %	h mm	ω'	ω' (1)	F_r / F_v
32v	185,9	2140	21,9	0,271	$5{,}60.10^{11}$	$2{,}58.10^{11}$	1,27
32r	—	—	44,2	0,267	5,52 „	2,54 „	1,33
10v	186,2	2940	27,9	0,352	7,26 „	2,43 „	1.42
10r	—	—	47,9	0,332	6,85 „	2,29 „	1,56
16v	193,5	2740	19,5	0,355	7,33 „	2,66 „	1,41
16r	—	—	38,0	0,329	6,77 „	2,46 „	1,41
13v	194,2	3170	24,8	0,381	7,87 „	2,47 „	1,43
13r	—	—	43,3	0,352	7,24 „	2,27 „	1.59
29r	210,1	3710	23,8	0,421	8,67 „	2,39 „	1,70
28r	210,3	3550	22,9	0,400	8,24 „	2,35 „	1,57
24r	211,7	2860	18,1	0,336	6,92 „	2,45 „	1,53
25r	212,9	3070	18,2	0,374	7,71 „	2,55 „	1,71

Tabelle 4 K/H_2 4044—4048 Serie IV

Aufn. No.	t °C	p mm	D %	h mm	ω'	$\omega'(_1)$	F_r / F_v
14v	181,0	1890	27,5	0,392	$8{,}09.10^{11}$	$4{,}11.10^{11}$	1,40
14r	—	—	46,7	0,314	6,46 „	3,35 „	1,09
12v	181,5	1720	19,7	0,339	7,01 „	4,00 „	1,21
12r	—	—	37,1	0,279	5,75 „	3,28 „	1,02
25r	211,5	1850	17,8	0,289	5,96 „	3,26 „	1,03
46r	214,1	2360	24,0	0,380	7,82 „	3,36 „	1,13
45r	214,4	2270	22,6	0,370	7,63 „	3,42 „	1,15

Tabelle 5 Zusammenstellung der $\omega'(1)$-Werte

Serie	Aufn. No.	$\omega'(_1)$	$\omega'(_1)$ Mittel
I Cs/H_2 2. Dub.	15^dv	$5{,}26.10^{11}$	v = $5{,}23.10^{11}$
	14v	5,30 „	
	35v	5,14 „	
	25r	5,13 „	
	40r	4,78 „	r = $4{,}92.10^{11}$
	41r	4,87 „	
II Cs/H_2 3. Dub.	10v	$23{,}0.10^{11}$	v = $23{,}1.10^{11}$
	11v	23,1 „	
	12v	23,2 „	
	12^br	23,3 „	r = $23{,}0.10^{11}$
	12^cr	22,7 „	
III K/N_2 2. Dub.	32v	$2{,}58.10^{11}$	v = $2{,}53.10^{11}$
	32r	2,54 „	
	10v	2,43 „	
	10r	2,29 „	
	16v	2,66 „	r = $2{,}39.10^{11}$
	16r	2,46 „	
	13v	2,47 „	
	13r	2,27 „	
	29r	2,39 „	r = $2{,}43.10^{11}$
	28r	2,35 „	
	24r	2,45 „	
	25r	2,55 „	
IV K/H_2 2. Dub.	14v	$4{,}11.10^{11}$	v = $4{,}06.10^{11}$
	14r	3,35 „	
	12v	4,00 „	r = $3{,}32.10^{11}$
	12r	3,28 „	
	25r	3,26 „	r = $3{,}35.10^{11}$
	46r	3,36 „	
	45r	3,42 „	

V. Messergebnisse

a) Halbwertsbreiten:

Die Halbwertsbreite beider Komponenten war bei den Serien I bis III (Cs/H_2, 2. und 3. Dublett und K/N_2, 2. Dublett) innerhalb der Fehlergrenze gleich (vergl. Tabelle 5). Jedoch war die Breite der schwächeren Komponente im Mittel, meist etwas kleiner als die der stärkeren Komponente, sodaß man wohl allgemein vermuten kann, daß die schwächere Komponente eine etwas geringere Halbwertsbreite hat als die stärkere. Deutlich tritt dies bei den Aufnahmen der Serie 4 (K/H_2, 2. Dublett) hervor. Auch Waibel [11]), der die Eigendruckverbreiterung der höheren Cs-Glieder in Absorption untersuchte, fand, daß beim 5. bis 7. Dublett der Hauptserie die Halbwertsbreite der schwächeren Komponente geringer ist als die der stärkeren.

Es ist, besonders in der Arbeit von Füchtbauer, Joos und Dinkelacker [12]) nachgewiesen worden, daß die Halbwertsbreite in sehr weiten Grenzen der Dichte, d. h. bei so geringen Temperaturveränderungen auch der Stoßzahl, proportional ist, daß also $\omega'_{(1)}$ für eine Linie konstant ist.

Es sollen nun die gefundenen Werte mit anderen, zum Teil noch unveröffentlichten Zahlen von Hermann Meier verglichen werden, und zwar unter folgenden Gesichtspunkten.

1. Wie ändert sich $\omega'_{(1)}$ mit der Gliednummer der Serie bei gleichem Fremdgaszusatz.
2. Wie ändert sich $\omega'_{(1)}$ bei verschiedenem Fremdgaszusatz bei dem gleichen Dublett.
3. Wie ändert sich $\omega'_{(1)}$ bei gleichem Fremdgaszusatz bei verschiedenen Alkalien, aber der gleichen Gliednummer.

Zu diesen Fragen geben vorliegende Messungen zusammen mit noch unveröffentlichten Werten von Meier einige wesentliche Ergänzungen. Alle $\omega'_{(1)}$-Werte sind in $10^{11}\,\mathrm{sec}^{-1}$ angegeben. Aus den früher veröffentlichten Zahlen wurde jeweils die zuverlässigste ausgewählt und in $\omega'_{(1)}$-Werte (statt bisher ν'/d) umgerechnet, aus vorliegender Arbeit hingegen die Mittelwerte aus mehreren Aufnahmen. Zum Vergleich dienten nur die stärkeren Komponenten.

Zu 1: Aenderung von $\omega'_{(1)}$ mit der Gliednummer der Serie bei gleichem Fremdgaszusatz. Die umfangreichsten Messungen liegen hier für Cs/N_2 [13]) vor.

2. Duble't Cs/N_2	2,51	Faktor 2,06	Fü. und Hofmann
3. „ „	5,16	„ 1,55	Meier
4. „ „	8,02		Bartels

11) F. Waibel, loc. cit.

12) Füchtbauer, Joos u. Dinkelacker, Ann. d. Physik 71, S. 204 (1923). Im Folgenden stets mit Anm. 71 bezeichnet.

13) Anm. 43; Z. f. Ph. 4, S. 337 (1921); ferner: H. Bartels, Anm. d. Physik 65, S. 143 (1921); H. Meier, unveröffentlicht.

Dazu aus eigenen Messungen:

2. Dublett Cs/H_2	5,23	Faktor 4,42	Petermann
3. „ „	23,1		Petermann

Die Verbreiterung nimmt also ständig mit der Gliednummer zu, wie dies auch der qualitativen Erfahrung entspricht. Die Zunahme ist bei Wasserstoff viel stärker als bei Stickstoff.

Zu 2: Aenderung von $\omega'_{(1)}$ bei verschiedenem Fremdgaszusatz bei der gleichen Linie, bezw. dem gleichen Dublett. Hier haben Füchtbauer, Joos und Dinkelacker [14]) die Hg-Resonanzlinie gemessen. Für die Alkalien liegen Messungen vor von Füchtbauer und Hofmann, Meier und aus dieser Arbeit [13]).

a) 2537 Hg/H_2	0,734	Faktor 1,51	Fü., Joos und Dink
„ Hg/N_2	0,487		„ „ „ „
b) 2. Dub. Cs/H_2	5,23	Faktor 2,09	Petermann
„ „ Cs/N_2	2,51		Fü. und Hofmann
3. Dub. Cs/H_2	23,1	Faktor 4,47	Petermann
„ „ Cs/N_2	5,16		Meier
c) 2. Dub. K/H_2	4,06	Faktor 1,61	Petermann
„ „ K/N_2	2,53		Petermann

Wasserstoff verbreitert also immer stärker als Stickstoff.

Zu 3: Aenderung von $\omega'_{(1)}$ bei gleichem Fremdgas und gleicher Gliednummer der Serie, aber verschiedenem Alkali. Hier stehen Ann. 43, sowie die vorliegenden Messungen zur Verfügung.

a) 2. Dub. Cs/H_2	5,23		Petermann
„ „ K/H_2	4,06		Petermann
b) 2. Dub. Cs/N_2	2,51		Fü. u. Hofmann
„ „ K/N_2	2,53		Petermann

Gleiche Serienglieder verschiedener Alkalien zeigen ähnliche Verbreiterung (während z. B. Hg-Linien viel schwächer verbreitert werden).

[14]) Ann. 71.

Tabelle 6

Unsymmetrie $U = F_r/F_v$

Mittel aus:	starke Kompon.	Zahl der Aufn.	schwache Kompon.	Zahl der Aufn.
I. Cs/H_2 2. Dublett	0,98	3	0,91	3
II. Cs/H_2 3. „	1,22	3	1,65	2
IV. K/H_2 2. „	1,29	4*	1,08	8*
III. K/N_2 2. „	1,38	4	1,55	8

b) Unsymmetrie

Um eine Unsymmetrie der verbreiterten Linien zahlenmäßig festzulegen, wurden die nx-Kurven durch eine Gerade, welche durch das Absorptionsmaximum führt, in zwei Teile geteilt. Das Verhältnis der eingeschlossenen Kurvenflächen rechts und links dieser Teilungslinie kann als Unsymmetrie U definiert werden, und stellt das Verhältnis der Dispersionselektronen F_r/F_v oder $\frac{\omega < \omega_0}{\omega > \omega_0}$ dar (siehe die Abb. 4 — 7).

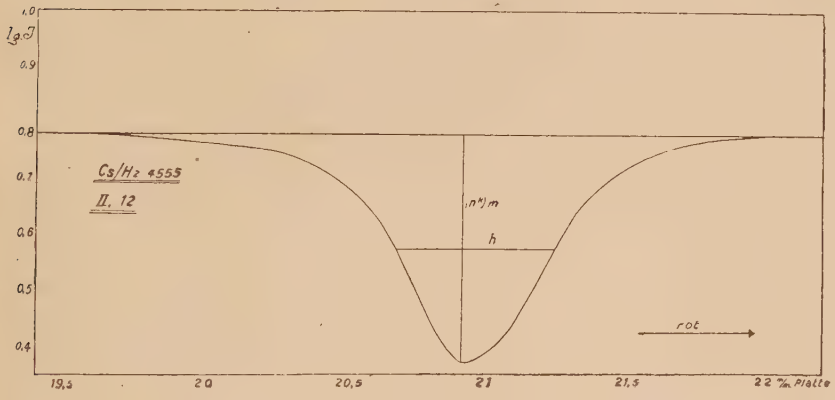

Abbildung 5

Es ergibt sich nun, daß, wie zuerst Füchtbauer, Joos und Dinkelacker in Ann. 71, sowie Meier[15]), ferner Minkowski[16]) gefunden haben. Wasserstoff nach violett ein klein wenig mehr verbreitert als nach rot. Diese Erscheinung ist also nachgewiesen bei Hg 2537, bei den D-Linien und, in dieser Arbeit, beim blauen Cs-Dublett. Die Violettunsymmetrie ist also bestimmt dem Wasserstoff zuzuschreiben und nicht dem verbreiterten Metalldampf. Jedoch ergibt sich diese Violettunsymmetrie nach den Untersuchungen vorliegender Arbeit nur für das blaue Cs-Dublett, während für das erste ultra-violette Cs-Dublett und für das

15) H. Meier, Rostocker Dissertation 1925.

16) Minkowski, Z. f. Ph. 55, S. 16 (1929).

*) Zum Teil nicht in der Tabelle 4 enthalten.

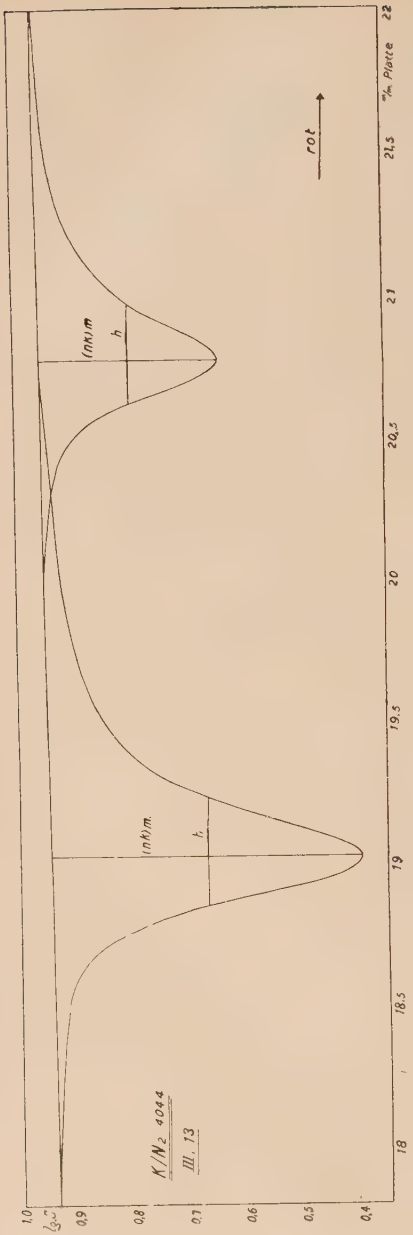

Abbildung 6

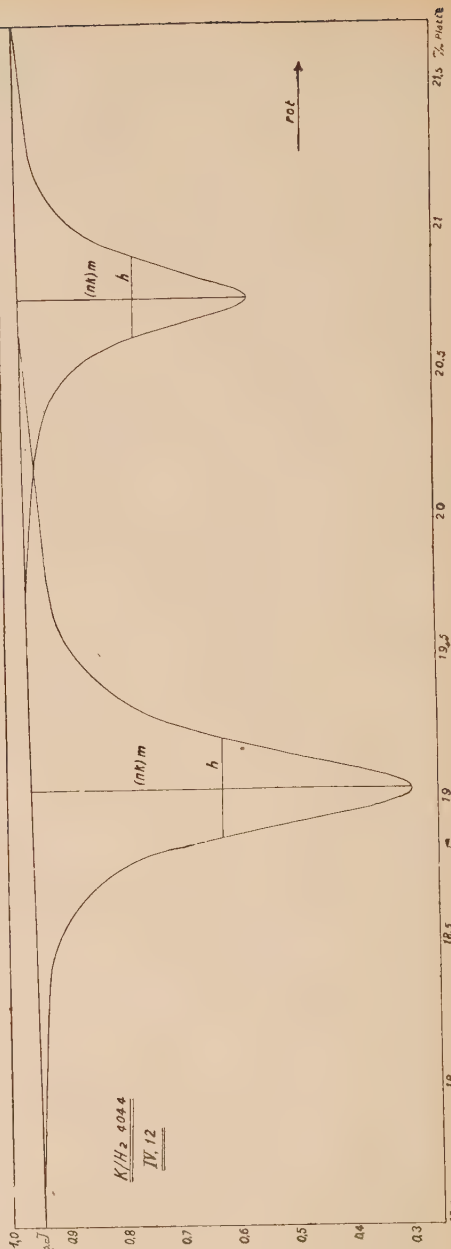

Abbildung 7

violette K-Dublett die Verbreiterung nach rot stärker ist als nach violett, also ähnlich wie die Verbreiterung durch N_2, CO_2, A usw. Die Verschiedenheit des Verhaltens von Wasserstoff ist sehr bemerkenswert.

Merkwürdig ist auch, daß bei K/H_2 die schwache Komponente weniger unsymmetrisch ist als die starke. Dies scheint darauf hinzudeuten, daß zwei ganz verschiedene Faktoren auf die Linienform einwirken, einer, welcher die Komponenten gleich, und ein anderer, welcher sie verschieden beeinflußt.

Bei weiteren Cs/H_2-Aufnahmen der Linie 3889, die aber nicht mehr in die Tabellen aufgenommen worden sind, da die Hydridbildung so stark war, daß überhaupt keine genügende Absorption mehr erzielt werden konnte, nahm die Unsymmetrie noch außerordentlich stark zu. Sie erreichte bei der auf Nr. II, 12 c folgenden Aufnahme bereits den Wert 2,4.

c) Intensitätsverhältnis

Es lag ursprünglich nicht in der Absicht der Arbeit die Intensitätsverhältnisse der Dublettkomponenten zu messen. Bei den Cs/H_2-Aufnahmen des blauen Dubletts waren nirgends beide Linien zugleich auf der Platte. Eine Berechnung des I-V aus den Absolutintensitäten der Linien ist, da die wahren Dampfdrucke infolge der Hydridbildung unbekannt waren, aussichtslos. Für das 3. Cs-Dublett liegt die Aufnahme II, 12 vor, welche gestattet aus den $(n\varkappa)_m$-Werten ein I-V 5,4 abzulesen, jedoch mit einiger Unsicherheit, da die Charakteristik außerordentlich steil verläuft und somit ein so starkes I-V nur ungenau zu ermitteln ist. In Wirklichkeit dürfte der Wert eher noch etwas größer als kleiner sein.

Das Intensitätsverhältnis der Dublettkomponenten konnte direkt und sicher nur an den Kalium-Aufnahmen gemessen werden, wo beide Komponenten zugleich aufgenommen wurden.

Tabelle 7

Intensitätsverhältnisse

K/N_2	$\frac{\omega'_1 (nk)\, m_1}{\omega'_2 (nk)\, m_2}$	$\frac{\int nk\, d\omega_1}{\int nk\, d\omega_2}$	K/H_2	$\frac{\omega'_1 (nk)\, m_1}{\omega'_2 (nk)\, m_2}$	$\frac{\int nk\, d\omega_1}{\int nk\, d\omega_2}$
III,32	2,00	2,09	IV,39	2,12	2,32
III,10	1,94	2,06	IV,40	2,09	2,16
III,16	1,94	2,05	IV,14	2,16	2,39
III,13	1,91	2,02	IV,12	2,04	2,18
Mittel	1,95	2,055	Mittel	2,10	2,26

Die Intensitätsverhältnisse sind auf zweierlei Art gebildet, erstens aus den $\omega' \cdot (n\varkappa)_m$ und zweitens aus den $\int n\varkappa\, d\omega$-Werten. Der zweite Weg führt zu etwas (5 bis 8 %) größeren Werten. Da der Wert 2,055 mit den Angaben anderer Autoren [17]) sehr gut übereinstimmt, so muß angenommen werden, daß zur Bestimmung des I-V verbreiterter Linien wohl besser die Integrale über die Linienform herangezogen werden.

[17]) H. Jakob, Ann. d. Physik 86, S. 449 (1928). Siehe besonders die Zahlenangaben nach Roschdestwenski.

Bemerkt sei noch, daß die aus dem Verhältnis der $(n\varkappa)_m$ gebildeten I-V viel kleinere Werte als die in Tabelle 7 angeführten ergeben würden.

Ein merkwürdiges Verhalten zeigt auch hier wieder der Wasserstoff, bei welchem die $(n\varkappa)_m \cdot \omega'$ und die $\int n\varkappa\, d\omega$-Werte stark divergieren. Dies bedeutet aber, daß die stärkere Komponente an Höhe und die schwächere zu gleicher Zeit an Breite verliert, daß also beide Komponenten sehr verschieden beeinflußt werden, wie dies ja schon bei den Betrachtungen über die Unsymmetrie nahegelegt wurde. Das I-V 2,26 läßt sich mit dem bei Stickstoff gefundenen I-V 2,055 keineswegs vereinbaren.

VI. Zusammenfassung

Es wird die Fremdgasverbreiterung an Cs/H_2, 2. und 3. Dublett, sowie an K/N_2 und K/H_2, 2. Dublett, nach der Absorptionsmethode gemessen. Ein Vergleich mit anderen Messungen, bezw. die vorliegenden Messungen allein, ergeben:

1. Die Halbwertsbreite reduziert auf 1 Atm. und auf 0° C ist für eine Linie konstant und für die Komponenten eines Dubletts fast gleich. Beim 2. Kalium-Dublett hat die schwächere Komponente deutlich eine etwas geringere Halbwertsbreite als die stärkere.
2. Wasserstoff verbreitert stärker als Stickstoff. Das Verhältnis Wasserstoff: Stickstoff wächst auffallend stark mit der Gliednummer.
3. Die Fremdgasverbreiterung nimmt mit der Gliednummer innerhalb derselben Serie zu.
4. Stickstoff verbreitert mehr nach rot als nach violett.
5. Wasserstoff verbreitert das 2. Cs-Dublett ein wenig stärker nach violett als nach rot (analog den D-Linien und der Hg-Linie 2537). Das 3. Cs-Dublett und das 2. K-Dublett hingegen werden merklich stärker nach rot verbreitert.
6. Es liegt die Vermutung nahe, daß Wasserstoff die beiden Komponenten eines Dubletts verschieden beeinflußt.
7. Wasserstoff als Fremdgas bewirkt, daß der effektive Dampfdruck des Alkali stark heruntergedrückt wird. Stickstoff zeigt den gleichen Effekt, jedoch in viel schwächerem Maße.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Füchtbauer im Physikalischen Institut der Universität Rostock ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Füchtbauer für das dauernde, fördernde Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Herrn Dr. H. W. Wolff danke ich herzlichst für zahlreiche Ratschläge und sein persönliches Entgegenkommen, wodurch diese Arbeit wesentlich gefördert wurde.

Lebenslauf

Als Sohn des 1. Prokuristen der Firma Carl Zeiß, Max Petermann, wurde ich am 27. September 1903 in Jena geboren. Ich habe das ev.-luth. Glaubensbekenntnis und bin thüringischer Staatsangehöriger. Als Vorschule besuchte ich das Stoy'sche Institut und darauf das humanistische Gymnasium in Jena, an welchem ich Ostern 1922 die Reifeprüfung ablegte. Dem Studium der Physik, Mathematik und Chemie widmete ich mich an den Universitäten Jena und Hamburg, sowie an der Technischen Hochschule in Dresden, wo ich vor allem die Vorlesungen der Herren Prof. Dr. Luther und Prof. Dr. Klughardt am Wissenschaftlich-Photographischen Institut hörte. Ich besuchte die Jenaer Fachhochschule für Optiker und legte daselbst im Februar 1925 die Abschlußprüfung ab. Im selben Jahre hörte ich an der Sorbonne und am Institut d'Optique in Paris die Vorlesungen besonders der Herren Prof. Ch. Fabry und Prof. Dunoyer. Ich hatte dann 1 ½ Jahre eine Stelle als Lehrer für Optometrie an der Ecole Nationale d'Optique in Morez (franz. Jura) inne und begab mich im November 1927 zum Abschluß meines Physikstudiums nach Rostock.

Literaturverzeichnis

[1]) Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, Ann. d. Physik, 43, S. 96 (1914). Im folgenden stets als Ann. 43 bezeichnet.

[2]) Beschreibung des Spektrographen in Ann. 43.

[3]) R. Davis, Bureau of Standards 21, S. 95 (1926).

[4]) Die Methode wurde bereits von Füchtbauer in Ann. 71, S. 204 (1923) angegeben.

[5]) F. Waibel, Z. f. Ph. 53, S. 459 (1929).

[6]) Voigt, Elektro- und Magnetooptik. Teubner.

[7]) P. Kunze, Ann. d. Physik 35, S. 1013 (1928).

[8]) Kröner, Ann. d. Physik 40, S. 438 (1913).
Langmuir u. Kingdom, Proc. 107, S. 61 (1925).
Killian, Phys. Rev. 27, S. 578 (1926).
H. Rove, Phil. Mag 3, S. 534 (1927) hat Dampfdrucke für die Alkalien zusammengestellt.

[9]) Minkowski u. Mühlenbruch, Z. f. Ph. 63, S. 198 (1930).

[10]) J. Weiler, Ann. d. Physik 1, S. 361 (1929).

[11]) F. Waibel, loc. cit.

[12]) Füchtbauer, Joos u. Dinkelacker, Ann. d. Physik 71, S. 204 (1923). Im Folgenden stets mit Anm. 71 bezeichnet.

[13]) Anm. 43; Z. f. Ph. 4, S. 337 (1921); ferner: H. Bartels, Anm. d. Physik 65, S. 143 (1921); H. Meier, unveröffentlicht.

[14]) Ann. 71.

[15]) H. Meier, Rostocker Dissertation 1925.

[16]) Minkowski, Z. f. Ph. 55, S. 16 (1929).

[17]) H. Jakob, Ann. d. Physik 36, S. 449 (1928). Siehe besonders die Zahlenangaben nach Roschdestwenski.